

Excel在非参数检验中的应用

袁加军

(厦门大学经济学院计划统计系,福建 厦门)

【摘要】非参数检验是经管类专业统计学原理课程的一项重要教学内容,目前的教学中侧重于理论讲解,而忽视实践操作。本文介绍这类检验在 Excel 中的具体实现过程,以加深对理论的理解,实现理论与实践的结合。

【关键词】假设检验 非参数检验 Excel

近年来,非参数统计技术得到迅速发展,已成为现代推断统计的重要分支。因此,在高校经济与管理类统计学的教学中,非参数检验成为一项重要的教学内容。在讲授非参数检验时,老师们会详细讲解其理论基础与算法,但并没有介绍如何使用相关统计软件进行计算与分析。这样的教学方式存在一些明显的缺陷:首先,理论教学与实践相脱节,学生们虽然熟知算法,但动手能力不强;其次,由于没有实际动手,一些同学对理论的理解不透彻。这些都是实际教学中确实存在的问题。为此,我们完全可以在教学中增加一定的实践课时,给同学们讲解使用相关软件进行非参数检验的方法,以弥补现有教学方式的缺陷。

那么,应选用何种软件呢?虽然一些专业的统计软件(如 SPSS)能够很容易地实现非参数检验,但根据笔者的经验,在实践教学中,最好选用 Excel 进行讲解。主要的考虑是,利用 Excel 中进行非参数检验的计算时,基本上是利用其公式与数学函数、统计函数等功能,逐一实现理论算法的每一步骤,能够加深学生对非参数检验的理解;而 SPSS 是直接给出结果,并没有中间的步骤,学生往往是知其然,不知其所以然,不能通过实践来巩固对理论的理解。此外,目前 Office 软件已经普及,大部分同学能够比较熟练地操作 Excel,讲解时学生也比较容易接受。

针对经管类统计学教材中常见的非参数检验,本文拟以实例来介绍这些检验在 Excel 中的具体实现过程,而各种检验的理论背景请参见相关的统计学教材。

一、单样本符号检验

单样本符号检验适用于检验总体中位数是否在某一指定位置。将总体中位数记作 θ_0 ,另给一指定数值 θ_1 ,原假设是 $H_0: \theta = \theta_0$ 。若原假设为真,样本点观察值大于 θ_0 的个数 r 服从参数为 $(n, 0.5)$ 的二项分布。而在大样本情况下, r 近似服从正态分布,此时通常使用服从标准正态分布的统计量 $Z = \frac{r - 0.5n}{\sqrt{0.25n}}$ 作为检验统计量。

例 1. 设有 20 个工人,他们一天生产的产品件数,抽样结果如下: 168, 163, 160, 172, 162, 168, 152, 153, 167, 165, 164, 142, 173, 166, 160, 165, 171, 186, 167, 170, 164, 150, 152, 156, 174, 178, 180, 168。试以 0.05 的显著性水平,判定总体中位数是否是 160。

解:首先提出假设:

$$H_0: \theta = 160 \quad H_1: \theta \neq 160$$

利用 Excel 求解步骤如下:

1. 输入数据,见图 1。A、B 列为原始输入数据,样本数据存放在 A2:A29 单元格区域,图中未完全显示出来,D、E 列为计算得出的结果。

2. 计算样本观察值大于中位数的个数(即正号的个数)。在 E1 中输入如下的公式

$$=COUNTIF(A2:A29, ">160")$$

COUNTIF 函数计算区域中满足给定条件的单元格的个数。

3. 计算样本容量 n (不含 0 差数)。在 E2 中输入公式

$$=COUNT(A2:A29) - COUNTIF(A2:A29, "=160")$$

| | A | B | C | D | E |
|---|------|-------|---|--------------------|-----------|
| 1 | 产品件数 | 显著性水平 | | ν | 20 |
| 2 | 168 | 0.05 | | n | 26 |
| 3 | 163 | | | 检验统计量 Z | 2.7456259 |
| 4 | 160 | | | 临界值 $Z_{\alpha/2}$ | 1.959964 |

图 1

4. 计算检验统计量 Z 。在 E3 中输入公式

$$=(E1 - 0.5 * E2) / SQRT(0.25 * E2)$$

5. 计算临界值 $Z_{\alpha/2}$ 。在 E4 中输入公式 " $=ABS(NORMSINV(B2/2))$ "。

根据以上计算结果,由于 $2.75 > 1.96$,检验统计量的样本值落在拒绝域,故拒绝原假设,即不能认为总体中位数是 90。此外,也可通过求二项分布的临界值进行判断。

二、配对样本的符号检验

配对样本符号检验适用于检验配对样本情形下,两总体分布在位置特征上是否有差异。假定 X, Y 分别为从总体 $F_1(X), F_2(Y)$ 中抽取的样本,它们的样本容量均为 n ,且两个样本的观测值是一一对应的。假设为 $H_0: F_1(X) = F_2(Y), H_1: F_1(X) \neq F_2(Y)$ 。设配对样本 X_i, Y_i 序列中, $X_i > Y_i$ 的个数为 r^+ , $X_i < Y_i$ 的个数为 r^- ,不考虑 $X_i = Y_i$ 的个数,取 $r = \max(r^+, r^-)$,在原假设成立的条件下, r 服从参数为 $(r^+ + r^-, 0.5)$ 的二项分布。

例 2 假定在某项比赛中,某两位裁判(A、B)分别对该项赛事中的 10 位选手的在场上的综合表现做出评分,分数为 0~10 分,数据如下:

表 1 两裁判的裁定分数表

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 裁判 A | 8.2 | 9.0 | 8.8 | 9.3 | 7.9 | 9.1 | 8.6 | 8.8 | 8.4 | 9.0 |
| 裁判 B | 7.9 | 8.8 | 8.6 | 9.4 | 8.4 | 9.0 | 8.9 | 8.7 | 8.0 | 9.3 |
| 差值的符号 | + | + | + | - | - | + | - | + | + | - |

试用符号检验法检验这两位裁判裁定的成绩是否有显著性差异(显著水平 0.05)。

解:提出假设:

H_0 : 两位裁判的判定成绩无显著性差异 H_1 : 两位裁判的判定成绩有显著性差异

利用 Excel 求解步骤如下:

1. 构造检验工作表,见图 2。图中方框内为计算所得数据。

2. 计算分数差。在 D2 中输入公式 " $=B2 - C2$ ",选定 D2:D11 单元格区域,再按 Ctrl+D 组合键。

3. 计算 n 。在 F3 中输入公式 " $=COUNT(B:B)$ ",注意此时不要在 B 列输入其他数字。

4. 计算 r 。在 F4 中输入公式 " $=COUNTIF(D:D, ">0")$ " 计算出 r^+ ,在 F5 中输入公式 " $=COUNTIF(D:D, "<0")$ " 计算出 r^- ,最后在 F6 中输入公式 " $=MAX(F4:F5)$ " 计算出

| 1 | A | B | C | D | E | F |
|----|------|------|---------|----------|----------|------|
| 选手 | 裁判 A | 裁判 B | 分数差 A-B | 配对样本符号检验 | | |
| 2 | 1 | 8.2 | 7.9 | 0.3 | α | 0.05 |
| 3 | 2 | 9 | 8.8 | 0.2 | n | 10 |
| 4 | 3 | 8.8 | 8.6 | 0.2 | r^+ | 6 |
| 5 | 4 | 9.3 | 9.4 | -0.1 | r^- | 4 |
| 6 | 5 | 7.9 | 8.4 | -0.5 | r | 6 |
| 7 | 6 | 9.1 | 9 | 0.1 | 临界值 | 9 |
| 8 | 7 | 8.6 | 8.9 | -0.3 | | |
| 9 | 8 | 8.8 | 8.7 | 0.1 | | |
| 10 | 9 | 8.4 | 8 | 0.4 | | |
| 11 | 10 | 9 | 9.3 | -0.3 | | |

图 2

r COUNTIF 函数计算区域中满足给定条件的单元格的个数。

5. 计算临界值。二项分布临界值可用 Excel 的分布函数求得。在 E7 中输入公式 " $=CRIBINOM(F3, 0.5, 1 - F2/2) + 1$ " 即可。其中第一个参数存放的是 n ,第二个参数是一次试验中成功的概率,根据二项分布临界值表的要求,固定为 0.5;第三个参数是概率保证度的临界值,对于单侧检验,它等于 $1 - \alpha$,对于双侧检验,它等于 $1 - \alpha/2$ 。因为 CRIBINOM 返回的是使累积二项式分布概率大于等于 $1 - \alpha$ (或 $1 - \alpha/2$) 的最小值,所以根据符号检验的要求,应在上述公式中加 1。

由于 $r = 6 < r_{10, 0.05} = 9$,所以不能拒绝原假设,即不能认为两位裁判的裁定成绩有显著性差异。

三、威尔科克森配对符号秩检验

该检验也是用于检验配对样本情形下,两总体分布在位置特征上是否

有差异。与上一检验不同的是它考虑了配对观测之间差别的大小。首先,将配对观测值之差 d_i 的绝对值按大小递增排列,并从 1 至 n 给以秩次。其次,对每个秩次按照 d_i 的正负号赋以正负号。再次,分别对正号秩与负号秩计算秩和,所得之秩和不带正负号,记作 秩 (+) 与 秩 (-)。为检验两总体平均水平是否有差异,可建立下列原假设 H_0 : 秩 (+) = 秩 (-)。两个秩中较小的一个,作为威尔科克森 T 统计量,将其作为检验统计量 (例 3 略)。

四、卡方独立性检验

该检验主要是考察多个变量之间是否有关联,如果变量之间没有关联性,那么就说变量之间是相互独立的。这里的变量主要是指定类、定序资料。为了分析变量之间的关联性,需要将资料整理成列联表的形式。

例 4. 抽样调查某地区 500 名待业人员,这些人员中文化程度为高中及以上的有 104 人 (男 44 人),初中的有 96 人 (男 36 人),小学及以下的有 300 人 (男 140 人)。问此调查结果能否说明待业人员中的文化程度与性别是相互独立的。

解:提出假设:

这些待业人员文化程度与性别是相互独立的
这些待业人员文化程度与性别不是相互独立的
Excel 的计算过程如下。

1. 构造工作表,见图 3。图中的文字以及方框之内的数字为原始输入数据,其他为公式计算所得。

| | A | B | C | D | E |
|----|----------------|-----------|---------|------------|-------------|
| 1 | 待业人员文化程度与性别列联表 | | | | |
| 2 | 实际数 | | | | |
| 3 | 性别 | 高中及以上 | 初中 | 小学及以下 | 行合计 |
| 4 | 男 | 44 | 36 | 140 | 220 |
| 5 | 女 | 60 | 60 | 160 | 280 |
| 6 | 列合计 | 104 | 96 | 300 | 500 |
| 7 | 期望值 | | | | |
| 8 | 性别 | 高中及以上 | 初中 | 小学及以下 | 行合计 |
| 9 | 男 | 45.76 | 42.24 | 132 | 220 |
| 10 | 女 | 58.24 | 53.76 | 168 | 280 |
| 11 | 列合计 | 104 | 96 | 300 | 500 |
| 12 | 卡方统计量 | | | | |
| 13 | 性别 | 高中及以上 | 初中 | 小学及以下 | 行合计 |
| 14 | 男 | 0.0676923 | 0.92182 | 0.4848484 | 1.474358974 |
| 15 | 女 | 0.0531868 | 0.72429 | 0.3809523 | 1.158424908 |
| 16 | 列合计 | 0.1208791 | 1.6461 | 0.86580087 | 2.632783883 |
| 17 | | | | | |
| 18 | 临界值 | 5.9914645 | | | |

图 3

(上接第 186 页) (三) 加强大学生心理健康教育活动

开展普及性的心理健康教育讲座。目前存在两种现状:一是一些有心理问题的大学生意识不到问题的存在,可以通过心理健康教育讲座,帮助他们了解有关青年期心理特征、心理问题的症状表现及其危害,增强他们的心理卫生保健意识,帮助他们掌握一些常用的自我心理调节技巧,提高他们的抗挫折能力;二是部分有心理咨询需求的大学生不愿意被别人知道去找过心理咨询师或心理医生,因为社会上,人们还是认为心理问题与精神病是两个差不多的概念,对于这部分大学生来说,心理健康教育讲座可以引导他们树立正确的心理咨询观念,缓解其去心理咨询的焦虑不安的心情,以便及时能得到心理咨询师的帮助,避免心理问题加重而导致自杀。

(四) 构建“三位一体”大学生心理危机干预体系

1. “三位一体”大学生心理危机干预体系由心理健康教育指导老师、心理健康教育委员和心理信息员组成。每个班级设立一名班级心理健康教育委员,每个学生寝室设立一名心理信息员 (舍长),心理健康教育委员和心理信息员一旦确立原则上不允许更换。班级心理健康教育委员和心理信息员要随时掌握全班同学的心理状况,发现同学有明显的心理异常情况要及时向心理健康教育指导老师汇报。

2. “三位一体”大学生心理危机干预体系的工作内容:心理健康教育指导老师应配合学院大学生心理健康咨询中心开展各项教育工作,按要求开展心理健康信息的采集工作,做好学生心理危机信息的快速传递工作,有效开展心理危机干预工作和部门心理健康教育与危机干预工作的队伍建设工作。班级心理委员和宿舍心理信息员要不断丰富个人的心理健康知识,并在本班、本宿舍开展心理健康知识普及工作,不断提高与他人的交流能力,及时了解每位学生的心理状况,及时发现并迅速向心理健康教育指导老师汇报,有效排除学生的心理危机,配合做好危机干预工作。

2 建立期望值表。

(1) 计算实际数表中的行合计与列合计

在 E4 中输入公式 “=SUM (B4:D4)”,并将该公式复制到 E5:E6 单元格区域。在 B6 中输入公式 “=SUM (B4:B5)”,并将公式复制到 C6:D6 区域。

(2) 计算期望值

在 B9 中输入公式 “=E4*B\$6/\$E\$6”,然后选定 B9:D10 区域,按 Ctrl+R 组合键,再按 Ctrl+D 组合键,即可将公式复制到 B9:D10 区域中的其他单元格。

(3) 期望值表中的行列合计可以参照 (1) 中的方法,也可以将实际数表中的行列合计公式直接复制到期望值表中。选定 E4:E6 区域,按 Ctrl+C,再单击 E9 单元格,按 Ctrl+V,即可计算出行合计;再选定 B6:D6 区域,按 Ctrl+C,再单击 B11 单元格,按 Ctrl+V,即可计算出列合计。

3. 建立卡方统计表,并计算卡方统计量。

在 B14 中输入公式 “=(B4-B9)^2/B9”,并将公式复制到 B14:D15 区域的其他单元格。最后计算行列合计。此时,卡方统计表右下角的 E16 单元格中的数值即是所要求的卡方统计量。当然在卡方统计表中,卡方统计量可以直接用公式 “=SUM (B14:D15)” 求得,这样就不一定要计算行列合计了。

4. 计算临界值。显著性水平为 0.05,自由度为 2,在 B18 中输入公式 “=CHINV (0.05,2)” 即可得到临界值。

根据以上结果,卡方统计量为 2.633 小于,小于自由度为 2 的卡方临界值 5.991,所以我们不能拒绝原假设,也就是待业人员中的文化程度与性别之间没有显著的关联性。

参考文献:

- [1] 曾五一,肖红叶. 统计学导论 [M]. 北京:科学出版社,2006.
- [2] 曾五一. 统计学 [M]. 北京:金融出版社,2006.
- [3] 黄良文. 统计学 (修订第三版) [M]. 成都:四川人民出版社,2006.
- [4] 曾五一. 统计学概论 [M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,2003.
- [5] 茆诗松. 概率论与数理统计教程 [M]. 北京:高等教育出版社,2006.

3 “三位一体”大学生心理危机干预体系的工作原则:

(1) 危机信息第一时间报送原则:对心理危机信息的发现要敏锐、要主动,对发现的信息要在第一时间报送,不犹豫,不怕报错。

(2) 心理健康信息传递封闭运行原则:在传递心理健康信息的过程中,要尊重学生隐私、保守学生不愿公开的信息,做到封闭传递,不能将信息传递给无关人员。在工作当中采取“单线联系,逐级上报”。

(3) 注重预防原则:针对学生心理健康问题,要早发现、早教育、早干预、注重预防,使问题解决在恶化之前。

心理障碍、生理疾患、学习和就业压力、情感挫折、经济压力、家庭变故以及周边生活环境等诸多因素,都是学生自杀的直接原因。其中,激烈的学习竞争、就业竞争是主要原因。另外,自我期望值过高,在学习上遇到挫折后产生很大的失落感和心理落差,也会导致学生走上不归路。在高校自杀的学生中,有人在遗书里明确写着“对生活失去信心”。因此,要进行早期心理危机干预和早期治疗并建立相应的预警干预机制,这对减少自杀悲剧的发生至关重要。

参考文献:

- [1] 肖永春. “大学生心理危机的干预和预防”. 2005.
- [2] 济源职业技术学院冶金化工系. “四位一体”大学生心理危机干预体系实施办法及细则”. 2006.
- [3] 湖南农业大学东方科技学院心理咨询室. 大学生心理危机干预实施办法. 2006, 3.
- [4] 15 名大学生今年先后自杀专家:应建预警干预机制. 2005, 11.
- [5] 樊富珉. 高校大学生心理危机干预及实施大纲 (试行) (清华大学). 清华大学教育研究所, 2005 - 8 - 7.